

Максимальный угол изгиба ГШМ составляет 5 или 10° в зависимости от варианта исполнения.

Для проведения промысловых испытаний муфты необходимо выделить особо проблемные скважины и критерии применимости к ним гибкой муфты.

Можно выделить следующие критерии для подбора скважин, в которые рекомендуется спускать УЭЦН в комплекте с гибкой муфтой:

- габариты установки;
- мощность электродвигателя;
- потенциал скважины;
- односторонний износ.

Выводы:

Применение УЭЦН большего типоразмера на большую глубину спуска (+100, 150 м), имеющую сверхнормативную кривизну (2° на 10 м) позволит увеличить количество добываемой нефти ≈5%. Предотвращение работы УЭЦН в напряженно-деформируемом состоянии, в кривом интервале ствола скважины увеличит МРП. Применение ГШМ снизит число отказов УЭЦН являющихся следствием прохождения интервалов со сверхнормативной кривизной ствола скважины при спуске оборудования.

Литература

1. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти. // Под ред. Ш.К. Гиматудинова. М.: Недра, 1983. – 455с.
2. Российские установки лопастных насосов для добычи нефти и их применение / Ш.Р. Агеев, Е.Е. Григорян, Г.П. Макиенко. – Энциклопедический справочник. – Пермь: Пресс-Мастер, 2007. – 645 с.
3. Шаякберов В.Ф., Янтурин Р.А. О расширении возможностей УЭЦН // Нефтепромысловое дело. – 2009. – № 3. – С. 27-28.
4. Справочник по муфтам / В.С. Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский. – 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

О ГИДРОДИНАМИКЕ ВЯЗКОГО ПОТОКА В КРИВОЛИНЕЙНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

В.П. Диденко

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Цель - в работе проведен анализ по данным эксперимента [3] особенностей математического моделирования пространственно развивающегося турбулентного потока в трубе с изгибом 90°.

Введение. Хорошо известно, что почти все реальные течения высоковязких сред в промышленных энергетических устройствах турбулентные. Они часто сопровождаются сложными переходными процессами, вызванными изменениями внутренней поверхности стенки и молекулярной структуры потока, интенсивными пульсациями теплогидродинамических параметров, перемешиванием и химической активностью компонент смеси в отдельных рабочих участках трубопроводных систем произвольного поперечного сечения.

Турбулентное течение в изгибах трубы под углом 90° встречается во многих инженерных областях и вызывает значительный интерес. В последние годы многие экспериментальные исследования [2] были посвящены колебаниям потока, связанным с термической и механической усталостью в промышленных трубопроводных системах, а численные исследования ориентированы на более фундаментальные вопросы, касающиеся колебаний вторичного потока при изгибе трубы.

Будем рассматривать течение в рамках прямого численного моделирования на базе уравнений подобия в трубах, [3]:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial \tau} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{Re_D} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} \quad (2)$$

Некоторые результаты представлены на рис. 1 и 2 (сведения взяты из [3]). Для изучения эффектов течения и его развития вводится дополнительная координата: S определяется как расстояние в направлении потока после выхода из изгиба. Начало координат находится на выходе потока из изгиба (S/D = 0), как показано на рис. 1. Условие прилипания было применено к стенке трубы, а условие истечения при нулевом напряжении - на выходе. [3]

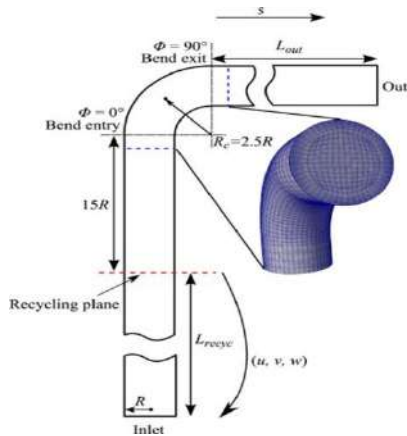


Рис. 1 Схема области вычислений [3]

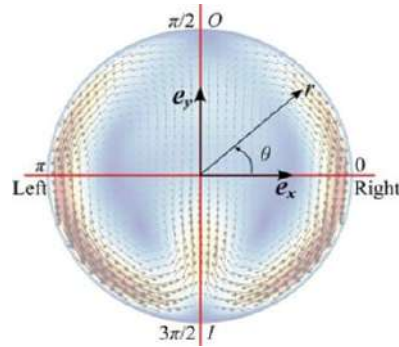


Рис. 2 Усредненная по времени величина движения потока в плоскости скорости ($\sqrt{u_r^2 + u_\theta^2}$) и векторы скорости на 1D ниже изгиба трубы ($S/D=1$) [3]

Анализ данных [3] показывает, что усредненное по времени движение потока на расстоянии 1D после выхода из изгиба трубы (рис. 1) имеет пару встречно вращающихся вихрей. Эти вихри симметричны относительно оси симметрии. Вихревые потоки по очереди доминируют в поле мгновенного потока. Также в [3] исследовано нестационарное движение потока после прохождения изгиба трубы.

Было установлено, что в усредненном по времени поле потока (рис. 2) имеются точки застоя движений потока в плоскости. Из-за колебаний вихрей точки застоя также меняются. На рис. 3 и 4 показаны изменения во времени азимутальной скорости в первой точке сетки и на расстоянии 0,05R от стенки трубы соответственно. Граница между движениями по часовой стрелке (красный) и против часовой стрелки (синий) указывает на азимутальное положение точки застоя.

Анализ библиографических данных [1-3], показывает, что при определении положения внешней точки застоя неточно работает LES подход.

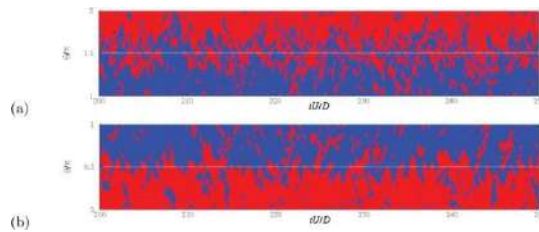


Рис. 3 Временная зависимость азимутальной скорости в первой точке от стенки трубы: (a) $1 \leq \theta/\pi \leq 2$ и (b) $0 \leq \theta/\pi \leq 1$ [3]

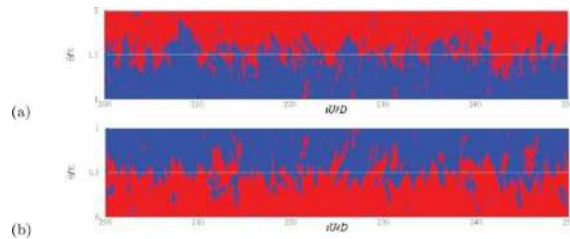


Рис. 4 Временная зависимость азимутальной скорости на расстоянии 0,05 R от стенки трубы: (a) $1 \leq \theta/\pi \leq 2$ и (b) $0 \leq \theta/\pi \leq 1$ [3]

В [3] также было выявлено, что для разных компонентов скорости сильные флуктуации появляются в разных местах. Для продольной компоненты скорости, ясно видны флуктуации с большой амплитудой в пределах $\{0 < y/R < 0,5\}$. Это может быть связано с выпадением слоя сильного сдвига при $\{0 < y/R < 0,5\}$. Аналогично, сильное колебание вокруг $r/R = -0,5$ для вертикальных колебаний скорости связано со слоем сдвига в $\{-0,7 < y/P < -0,4\}$. Доминирующая частота в этой зоне составляет около $St=0,2-0,3$, и эта частота может быть отнесена к неустойчивости слоя сдвига. Для горизонтальных колебаний скорости более сильные колебания расположены в $\{-1 < y/R < -0,5\}$. Это связано с альтернативными движениями вихрей вокруг плоскости симметрии, что было рассмотрено в работе [1].

Чтобы исследовать колебания потока на выходе из изгиба, сила давления, действующая на стенку трубы, рассчитывается вдоль направления потока, [3]:

$$G(s) = R \int_0^{2\pi} p(s, \theta) n d\theta, \quad (3)$$

где n - вектор нормали к стенке трубы. В этом исследовании горизонтальная составляющая силы давления на стенку трубы контролируется:

$$F = G \cdot e_x \quad (3)$$

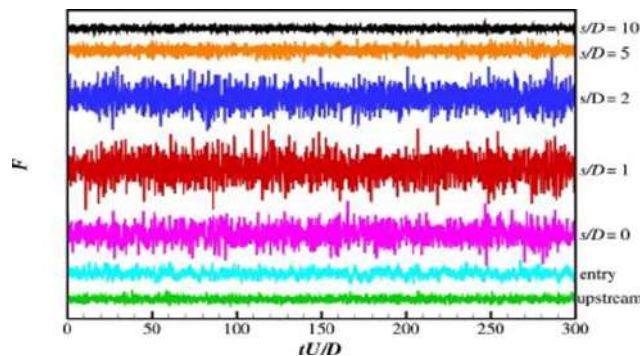


Рис.5 Горизонтальная составляющая силы давления на стенку при разных поперечных сечениях трубы: зеленая, зона перед изгибом; циановый - вход в изгиб; пурпурный, $S/D = 0$ (выход из поворота); красный, $S/D=1$; синий, $S/D=2$; оранжевый, $S/D=5$; и черный, $S/D = 10$ [3]

Наблюдаются небольшие колебания силы давления в прямом участке трубы выше по изгибу. Анализируя литературу [1,2,3] становится ясно, что эти небольшие колебания усиливаются изгибом. На выходе изгиба ($S/D = 0$), колебания силы уже намного больше, чем значения при прямой трубе. Они становятся еще сильнее после изгиба, прежде чем они уменьшаются на большом расстоянии от выхода из изгиба ($S/D = 5$). Наблюдается, что колебание силы давления достигает своего максимального значения при $S/D = 1$.

Выводы. Анализируя результаты [3], а также библиографические данные [1,2] можно сказать, что использующиеся в настоящее время математические модели для анализа движения потока в криволинейных трубах не позволяют успешно смоделировать поток. Так, точки застоя трудно определить, а их положение зависит от места измерения; до сих пор остается неясным происхождение эффекта вторичного движения. По данным работы [3] так же можно сказать, что максимальное значение колебания силы давления (на участке после выхода потока из изгиба) приходится на область, находящуюся на расстоянии $1D$ после изгиба.

Литература

1. Hufnagel L., Canton J., Örlü R., Marin O., Merzari E., Schlatter P. The three-dimensional structure of swirl-switching in bent pipe flow. J. Fluid Mech., 835, 2018, Pages 86-101
2. Röhrli R., Jakirlić S., Tropea C. Comparative computational study of turbulent flow in a 90° pipe elbow. International Journal of Heat and Fluid Flow, 55, October 2015, Pages 120-131
3. Zhixin Wang., Ramis Örlü, Philipp Schlatter, Yongmann M.Chun, Direct numerical simulation of a turbulent 90° bend pipe flow. International Journal of Heat and Fluid Flow, 73, October 2018, Pages 199-208

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ТРЕЩИНАМИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Донг Ван Хоанг, А.А. Воронько, Нгуен Минь Хоа

Научный руководитель профессор В.Л.Сергеев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Рассматривается решение обратной задачи оперативной идентификации фильтрационных потоков для определения параметров пласта в процессе гидродинамических исследований (ГДИ) горизонтальных скважин с трещинами гидроразрыва пласта (ГРП). Приводится результат идентификации и интерпретации кривой восстановления забойного давления двух горизонтальных скважин с трещинами ГРП нефтяного месторождения Тюменской области.

Введение: В настоящее время большое внимание уделяется обработке результатов ГДИ горизонтальных скважин с трещинами ГРП. На практике широко используются традиционные графоаналитические методы интерпретации кривой восстановления давления (КВД). В основе графоаналитических методов лежит вычисление производной давления и их представление на билогарифмических графиках для идентификации фильтрационных потоков и определения параметров пласта и скважин. Однако, для получения полноценных кривых восстановления забойного давления горизонтальных скважин с трещинами ГРП с участком позднего радиального потока, требуется проведение достаточно продолжительных исследований порядка 1000 часов и более. Интерпретация таких КВД требует привлечения квалифицированных интерпретаторов, снижает оперативность получения необходимой, для контроля и управления работой скважин, информации, приводит к значительным материальным затратам [1]. В данной работе, для определения параметров пласта в процессе ГДИ горизонтальных скважин с трещинами ГРП, предлагаются интегрированные модели фильтрационных потоков с переменными параметрами, с учетом дополнительной информации.

При интерпретации КВД горизонтальных скважин с трещинами ГРП используется, приведенный на рисунке, диагностический график фильтрационных потоков (в билогарифмических координатах), где наблюдаются четыре режима течения: линейный, ранний радиальный, бирадиальный и поздний радиальный [5].